

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-244021

(P2000-244021A)

(43) 公開日 平成12年9月8日 (2000.9.8)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

デマンド* (参考)

N

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-31534 (P2000-31534)

(22) 出願日 平成12年2月9日 (2000.2.9)

(31) 優先権主張番号 2 5 2 2 0 7

(32) 優先日 平成11年2月18日 (1999.2.18)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIES, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト

ト ページ・ミル・ロード 395

(72) 発明者 クリストファー・エイチ・ロウリー

アメリカ合衆国カリフォルニア州フレモント

ト ラ・ブリッシマ・ウェイ 40570

(74) 代理人 100105913

弁理士 加藤 公久

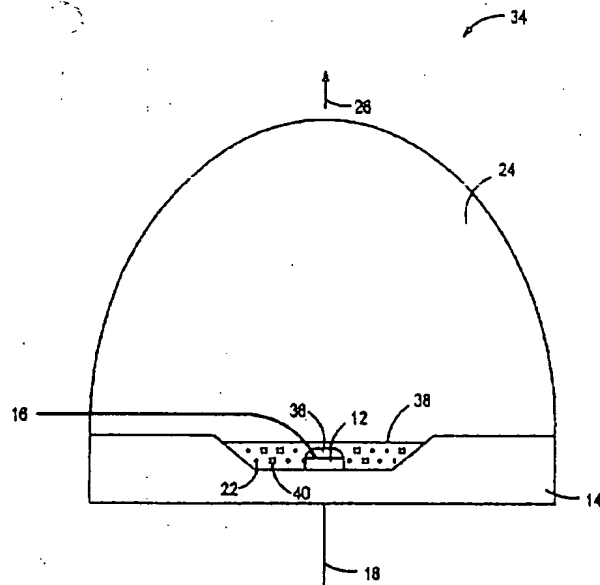
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 赤の不足を補償する蛍光体を使用したLED

(57) 【要約】

【課題】 蛍光体を使用して、演色に関してうまくバランスのとれた色特性を備えた白色の出力光を発生することが可能であるLED、及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 LED 34 は、リフレクタカップ内に配置される青色発光可能なダイ 12 を有する。カップ内には、ダイ 12 を覆うように、蛍光体 22、40 を含む樹脂が充填される。ダイ 12 が動作されて一次光を発光するとき、蛍光体 22 は一次光を受けて黄色領域にブロードなピークを有する光を発光し、蛍光体 40 は赤色領域にピークを有する光を発光する。これにより従来得られていた白色LEDよりも更に演色性の高い白色を発光可能であるLEDが提供される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】発光素子であって、

加えられる電気信号にตอบสนองして、第1のスペクトル範囲内における第1のピーク波長を備える第1の光を放出する光源と、

前記光源の上に配置されて、該光源から放出される前記第1の光を受け、該第1の光に反応して、第2のスペクトル範囲内における第2のピーク波長を備えた第2の光を放射する特性を備えた第1の蛍光物質を含んでおり、また、可視光スペクトルの赤色スペクトル範囲内における第3のピーク波長を備えた第3の光を放射する特性を備えた第2の蛍光物質を含んでいるところの蛍光層と、該蛍光層に光学的に結合されて、前記第1の光、前記第2の光、及び前記第3の光を、少なくとも部分的に、前記第1の光、前記第2の光、及び前記第3の光の強度によって色特性が決まる複合出力光として、前記光源から離れる方向に伝搬する光伝搬媒体が含まれていることを特徴とする、発光素子。

【請求項2】前記蛍光層中の前記第2の蛍光物質に、硫化ストロンチウム(SrS)が含まれることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

【請求項3】前記蛍光層中の前記第2の蛍光物質に、ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)が含まれることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

【請求項4】前記蛍光層に、前記第1の蛍光物質よりも少ない重量の前記ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)が含まれることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

【請求項5】前記蛍光層の前記第2の蛍光物質に、三価のプラセオジム(Pr^{3+})が含まれることを特徴とする、請求項1に記載の発光素子。

【請求項6】前記蛍光層の前記第1の蛍光物質に、イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)が含まれることを特徴とする、請求項1、2、3、4、又は5に記載の発光素子。

【請求項7】発光素子の製造方法であって、第1のピーク波長を備えた第1の光を放出する光源を設ける工程と、前記第1の光の露光に反応して、第2のピーク波長を備えた第2の光を放出する主蛍光物質と、前記第1の光の露光に反応して、可視光スペクトルの赤色スペクトル領域内における第3のピーク波長を備える第3の光を放出する補助蛍光物質を含む、蛍光体・エポキシ混合物を調製する工程と、前記光源の上に前記蛍光体・エポキシ混合物を付着させ、少なくとも前記光源を部分的に封じ込める蛍光層を形成する工程と、前記蛍光層の上に透明材料を付着させて、前記蛍光層の上にレンズを形成する工程が含まれることを特徴とす

る、発光素子の製造方法。

【請求項8】前記蛍光体・エポキシ混合物を調製する前記工程に、ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)の前記補助蛍光物質と前記主蛍光物質を混合して、前記蛍光体・エポキシ混合物を作成する工程が含まれることを特徴とする、請求項7に記載の方法。

【請求項9】前記ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)の前記補助蛍光物質と前記主蛍光物質とを混合する前記工程が、前記ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)を含む前記補助蛍光物質と、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドープされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)を含む前記主蛍光物質を混合する工程を有することを特徴とする、請求項8に記載の方法。

【請求項10】前記蛍光体・エポキシ混合物を調製する前記工程に、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドープされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)の前記主蛍光物質に三価プラセオジム(Pr^{3+})をドープして、前記蛍光体・エポキシ混合物を作成する工程が含まれることを特徴とする、請求項7に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、発光ダイオードに関するものであり、とりわけ、蛍光体を使用した発光ダイオードに関するものである。

【0002】

【従来の技術】発光ダイオード(LED)は、ある特定の光スペクトル領域内のピーク波長を備えた光を発生することが可能な周知の半導体デバイスである。LEDは、一般に、照明、インジケータ、及びディスプレイとして用いられる。従来、最も効率の良いLEDは、光スペクトルの赤色領域におけるピーク波長を備えた光、即ち、赤色光を放出する。しかし、スペクトルの青色領域におけるピーク波長を備える光、即ち、青色光を効率よく放出することが可能な窒化ガリウム(GaN)をベースにしたあるタイプのLEDが、最近になって開発された。この新タイプのLEDは、従来のLEDに比べて大幅に明るい出力光を発生することが可能である。

【0003】さらに、青色光は赤色光よりも波長が短いので、GaNベースのLEDによって発生する青色光は、簡単に変換して、より長い波長の光を生じさせることが可能である。当該技術において周知のように、第1のピーク波長を備えた光(「一次光」)は、蛍光として知られるプロセスを利用して、よりピーク波長の長い光に(「二次光」)変換することが可能である。蛍光プロセスには、フォトルミネセンス蛍光物質による一次光の吸収を伴い、これによって、蛍光物質中の原子に励起状

態が生じ、二次光が放出される。二次光のピーク波長は、蛍光物質によって決まる。蛍光物質のタイプは、特定のピーク波長を備える二次光が生じるように選択することが可能である。蛍光プロセスを利用するLEDは、本明細書において、「蛍光体LED」と定義される。

【0004】図1を参照すると、先行技術による蛍光体LED10が示されている。LED10には、活性化されると、青色の一次光を発生するGaNダイ12が含まれている。GaNダイ12は、リフレクタのカップ状リード・フレーム14に配置され、リード16及び18に電気的に結合されている。リード16及び18は、電力をGaNダイ12に供給する。GaNダイ12は、蛍光物質22を含む層20によって被われている。層20を形成するために利用される蛍光物質のタイプ又は種類は、蛍光物質22によって発生する二次光の所望のスペクトル分布によって異なる可能性がある。GaNダイ12及び蛍光層20は、レンズ24によって封じ込められる。レンズ24は、一般に透明エポキシから造られる。

【0005】動作時、GaNダイ12を活性化するため、GaNダイに電力が供給される。活性化されると、GaNダイ12は、GaNダイ12の上部表面から一次光、即ち、青色光を放出する。放出される一次光の一部は、層20の蛍光物質22によって吸収される。次に、蛍光物質22は、一次光の吸収に反応して、二次光、即ち、より長いピーク波長を備えた変換光を放出する。放出された一次光の残りの非吸収部分は、二次光と共に層20を透過する。レンズ24は、非吸収一次光と二次光を、出力光として、ほぼ矢印26で表示された方向に送り出す。従って、出力光は、GaNダイ12から放出された一次光と蛍光層20から放出された二次光から構成される複合光である。

【0006】出力光は、「白色光」に見えるようなスペクトル分布を備える可能性がある。出力光の複合カラーは、二次光と一次光のスペクトル分布及び強度によって変動する。

【0007】清水他によるPCT出願No. PCT/J P97/02610には、およそ5,000~6,000°Kほどの色温度を有する白色の出力光を発生するさまざまな蛍光体LEDの記載がある。清水他によるLEDは、図1のLED10とほぼ同じである。実施形態の1つにおいて、清水他によるLEDは、イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)蛍光体を利用して、一次光の一部を、ピーク波長が約580nmの二次光に変換する。図2には、清水他によるLEDからの出力光のスペクトル分布28が示されている。スペクトル分布28は、2つのピーク30及び32を備えている。ピーク30は、主として、清水他によるLEDのGaNダイから放出される一次光によって生じる。ピーク32は、主として、YAG蛍光体から放出される二次光によって生じる。

【0008】清水他によるLEDに関する問題は、「白色」出力光が、真の演色にとって望ましくないカラー・バランスを有していることである。清水他によるLEDの出力光は、単純な照明を必要とする用途には十分である。しかし、高度な演色が所望される用途の場合、可視光スペクトルの赤色領域(647~700nmの範囲)の出力光では不十分である。こうした用途に用いられる場合、出力光における赤色の不足によって、照射される赤い物体が、うまくバランスのとれた色特性を備える白色光の下における場合よりも、色の強さが弱いように見えることになる。即ち、カラー液晶ディスプレイ(LCD)のバックライトとして用いられる場合、清水他によるLEDの出力光では、赤色光がLCD上において弱く表示されることになる。清水他によるLEDによって発生する出力光の赤色の不足を補償するには、清水他によるLEDと共に、独立した赤色光源を利用しなければならない可能性があり、清水他によるLEDを具現化するシステムの複雑性を増すことになる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、真の演色に関してうまくバランスのとれた色特性を備えた白色の出力光を発生することが可能な蛍光体LEDを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】発光素子及び発光素子の製造方法には、複合出力光の赤色成分を強めるため、可視光スペクトルの赤色スペクトル領域における二次光を放射する補助蛍光物質が利用されている。補助蛍光物質からの二次光によって、発光素子は真の演色用途にとってうまくバランスのとれた「白色」出力光を発光することが可能になる。一例として、発光素子は、カラーLCD用のバック・ライト又はカラー・スキャナ用の光源として利用することが可能である。

【0011】発光素子は、電気信号に反応して一次光を放出するダイを含むLEDである。ダイは、ピーク波長が470nmの青色光を放出する窒化ガリウム(GaN)をベースにしたダイが望ましい。ダイは、オブションの透明層によって封じ込められる。オブションの透明層によって、次の層のためのほぼ均一な表面が得られる。オブションの透明層は、透明な樹脂から造られるのが望ましい。次の層は、補助蛍光物質を含む蛍光層である。蛍光層には、可視光スペクトルの黄色領域内における第1のピーク波長を備えた広帯域の二次光を放射する主蛍光物質も含まれている。蛍光層には、ダイ及び蛍光層からの光をダイの上部表面にほぼ垂直な方向に向ける働きをするレンズが結合されている。

【0012】動作時、GaNダイは、リードを介してダイに供給される電力によって活性化される。活性化されると、GaNダイは、ダイの面(例えば上部表面)から一次光、即ち、青色光を放出する。放出された一次光

は、オブションの透明層を通して、蛍光層に伝搬する。一次光の一部は、蛍光層の主蛍光物質に入射する。主蛍光物質は、入射一次光を吸収し、第1のピーク波長を備えた二次光を放出する。一次光の別の部分は、蛍光層の補助蛍光物質に入射する。補助蛍光物質は、入射一次光を吸収し、可視光スペクトルの赤色スペクトル領域における第2のピーク波長を備えた第2の二次光を放出する。一方、一次光の一部は、主蛍光物質及び補助蛍光物質のいずれにも吸収されない。蛍光層によって吸収されない一次光の量は、いくつかの変数の関数である。これらの変数には、蛍光層の厚さ及び蛍光層内における蛍光材料の密度が含まれる。

【0013】吸収されない一次光及び2つの二次光は、LEDのレンズを通して伝搬する。レンズは、一般に、伝搬する光をダイの上部表面に対して垂直な方向に向ける。伝搬される光は、白色出力光としてレンズから出射する。白色出力光の複合カラーは、放出される出射光の強度とスペクトル分布によって決まる。

【0014】第1の好適実施形態の場合、主蛍光物質は、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドープされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)蛍光体(「Ce:YAG蛍光体」)であり、一方、補助蛍光物質は、化学的に変性されたCe:YAG蛍光体である。化学的に変性されたCe:YAG蛍光体は、Ce:YAG蛍光体にプラセオジム(Pr)の三価イオンをドープすることによって得られる化合物である。

【0015】第2の好適実施形態の場合、主蛍光物質は、ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)蛍光体(「Eu:SrS」)である。Eu:SrS蛍光体の量は、蛍光層における全蛍光体重量の約10%以下が望ましい。蛍光層内のEu:SrS蛍光体の量は、白色出力光において必要とされる可能性のある赤色の量によって変動する場合がある。Eu:SrS蛍光体の正確な量は、本発明にとって特に重要ではない。

【0016】本発明に従って、発光素子を製造する方法には、第1のピーク波長を備えた一次光を放出する光源を設ける工程が含まれている。光源は、約470nmのピーク波長を備える一次光を放出するGaNが望ましい。次に、透明樹脂の第1の層が、光源の上に付着させられ、封緘層を形成する。もう1つの工程では、蛍光体・樹脂混合物が調製される。蛍光体・樹脂混合物には、樹脂ペーストと化合させられた2つの蛍光物質が含まれている。第1の蛍光物質は、一次光に反応して、可視光スペクトルの黄色領域にピーク波長を備える二次光を放出する特性を有している。第1の蛍光物質によって放出される二次光は、広帯域のスペクトル分布を備えていることが望ましい。第2の蛍光物質は、可視光スペクトルの赤色領域にピーク波長を備える二次光を放出する特性

を有している。

【0017】第1の好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物は、最初に、Ce:YAG蛍光体に元素Prの三価イオンをドープして、蛍光体Pr、Ce:YAGを生じさせることによって調製される。Ce:YAG蛍光体のうち、ドーピング・プロセスによる影響を受けなかった部分は、蛍光体・樹脂混合物における第1の蛍光物質を構成する。Ce:YAG蛍光体のうち、ドーピング・プロセスによって変化した部分は、第2の蛍光物質を構成する。前述の実施形態と同様、蛍光体・樹脂混合物における特定の蛍光体の量は、白色出力光の所望の複合カラーによって変更しても良い。

【0018】第2の好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物は、Ce:YAG蛍光体の第1の蛍光物質にEu:SrS蛍光体の第2の蛍光材料を混合することによって調製される。この好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物には、約74重量%の樹脂、18重量%のCe:YAG蛍光体、及び、8重量%のEu:SrS蛍光体を含むことが可能である。蛍光体・樹脂混合物における特定の蛍光体の量は、LEDによって発生する白色出力光の所望の複合カラーによって変更しても良い。

【0019】次に、封緘層の上に蛍光体・樹脂混合物を付着させて、封緘層を均一に被覆する蛍光層が形成される。次に、付着した蛍光体・樹脂混合物をゲル化、即ち、部分的に硬化させることができる。蛍光層の上に透明樹脂の第2の層を付着させて、LEDのレンズが形成される。次に、第2の樹脂層と蛍光層が、単一プロセスで、まとめて、完全に硬化させられる。層をまとめて硬化させることによって、蛍光層とレンズの緊密な結合が保証される。

【0020】本発明の利点は、発光素子によって、カラーに対してうまくバランスのとれた複合白色出力光を生じさせることができるという点である。即ち、本発明によれば、複合白色出力光の赤色の量が、従来の蛍光体LEDよりも多い。この特性によって、発光素子は、赤色の不足を補償するために、補助赤色光源を組み込むことを必要とせずに、真のカラー表現が必要とされる用途にとって理想的なものになる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照して、本発明の好適実施形態となる蛍光体LED及びその製造方法について詳細に説明する。図3を参照すると、本発明による赤色の不足を補償する蛍光体発光ダイオード(LED)34が示されている。適用可能な場合、図1の同じ参照番号が、図3に示す対応するコンポーネントに用いられる。LED34は、カラーに対してうまくバランスのとれた「白色」出力光を発生して、真の演色のための照射が行えるように設計されている。LED34は、リフレクタのカップ状リード・フレーム13に配置されてリード16及び18に電氣的に結合された窒化ガリウム

(GaN)ダイ12を含む。リード16及び18によって、GaNダイ12に対する励起電力が供給される。GaNダイ12は、一般に、正方形の形状とすることが可能である。好適実施形態の場合、GaNダイ12は、ピーク波長が光スペクトルの青色領域内にある470nmの一次光、即ち、青色光を放出するように構成されている。GaNダイ12は、透明材料から形成されるスペーシング層36によって被覆されている。透明材料は、透明エポキシ又はガラスとすることが可能である。

【0022】スペーシング層36に隣接して、蛍光層38が設けられている。蛍光層38には、蛍光物質22と、第2の蛍光物質40が含まれている。蛍光物質22は、一次光を吸収し、第1のピーク波長を備える二次光を放出する特性を有しており、一方、蛍光物質40は、一次光を吸収し、第2のピーク波長を備える二次光を放出する特性を有している。蛍光物質22によって放出される二次光は、可視スペクトルの黄色領域に中心がくる広帯域スペクトル分布を備えることが望ましい。しかし、蛍光物質40によって放出される二次光は、可視スペクトル中での赤色領域に比較的大きく且つ比較的狭いスペクトル分布を備えている。従って、蛍光物質22及び40によって放出される一次光及び二次光が結合すると、他のカラーに加えて、赤色が豊かな白色光が生じる。二次光のピーク波長は、一次光のピーク波長に加えて、蛍光物質22及び40の組成によって決まる。

【0023】蛍光層38は、レンズ24によって封じ込められるが、レンズ24は、一次光及び二次光の吸収されなかった部分をほぼ矢印26によって表示される方向に向ける動きをする。レンズ24は、透明エポキシのような透明材料から製造されるのが望ましい。しかし、ガラスのような他の透明材料を利用することも可能である。レンズ24の形成に用いられる透明材料は、本発明にとって特に重要ではない。層38内の蛍光物質22及び40からの二次光、及び一次光の非吸収部分は、白色出力光としてレンズ24から出射する。

【0024】動作時、GaNダイ12は、リード16及び18を介してGaNダイ12に供給される電力によって活性化される。活性化されると、GaNダイ12は、GaNダイ12の上部表面から一次光を放出する。放出された一次光は、スペーシング層36を通過して、蛍光層38まで伝搬する。一次光の一部は、層38内の蛍光物質22に入射する。蛍光物質22は、入射一次光を吸収し、第1のピーク波長を備えた二次光を放出する。一次光の別の部分は、層38の蛍光物質40に入射する。蛍光物質40は、入射一次光を吸収し、第2のピーク波長を備えた二次光を放出する。しかし、一次光の一部には、蛍光物質22にも、或いは、蛍光物質40にも吸収されないものもある。一次光の吸収されなかった部分は、蛍光層38を通過して伝搬する。層38内の蛍光物質22及び40からの二次光、及び、GaNダイ12から

の非吸収一次光は、レンズ24によって集束させられ、白色出力光としてLED34から出射し、ほぼ矢印26の方向に伝搬する。GaNダイ12からの非吸収一次光と、層38の蛍光物質22及び40からの二次光が結合すると、カラーに対してうまくバランスのとれた白色出力光が生じる。

【0025】第1の好適実施形態の場合、蛍光物質22は、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドープされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)蛍光体(「Ce:YAG蛍光体」)であり、蛍光物質40は、化学的に変化させられた又は変性されたCe:YAG蛍光体である。変性されたCe:YAG蛍光体は、Ce:YAG蛍光体にプラセオジム(Pr)の三価イオンをドープすることによって得られる不定比化合物である。Ce:YAG蛍光体におけるPrの存在には、Ce³⁺の機能をPr³⁺によって「引き継ぐ」効果がある。この結果、Prによって、可視スペクトルの黄色領域にほぼ中心がくるCe:YAG蛍光体からの典型的な広帯域二次発光の代わりに、可視スペクトルの赤色領域に中心がくる二次発光が生じることになる。蛍光層38内におけるPrをドープしたCe:YAG蛍光体の量は、変性されたCe:YAGにおけるPrの量と同様、特定の用途に関して、白色出力光において必要とされる可能性のある赤色の量によって、変化させても良い。即ち、上述したように、同一のCe:YAG蛍光体で、Prのドーピング・プロセスによる影響のない部分、及び影響のある部分を、それぞれ主蛍光物質、及び補助蛍光物質としても良く、従って蛍光体は必ずしもPrをドープしないCe:YAG蛍光体を含めて2種類とする必要はない。

【0026】図4において、第1の好適実施形態に従って、LED34によって発生する白色出力光のスペクトル分布42が示されている。スペクトル分布42には、ピーク44、46、及び48が含まれている。ピーク44は、主としてLED光からの非吸収一次放出成分によって生じる。ピーク46は、主として、蛍光物質22からの二次放出によって生じ、一方、ピーク48は、主として、蛍光物質40からの二次放出によって生じる。清水他による先行技術のLED(図2)によって発生する白色出力光のスペクトル分布28と比較すると、スペクトル分布42における明らかな相違は、可視スペクトルの赤色領域内にある余分なピーク48である。従って、LED34によって発生する白色出力光は、清水他による先行技術のLEDによって発生する出力光と比較すると、赤色の量が大幅に増している。第1の好適実施形態によるLED34は、3,800°Kの色温度及び85の色調指数を備える白色出力光を発生するように構成することが可能である。

【0027】第2の実施形態の場合、蛍光物質22は、やはり、Ce:YAG蛍光体である。しかし、蛍光物質

40は、ユーロビウム（Eu）で活性化された硫化ストロンチウム（SrS）蛍光体（「Eu：SrS」）である。Eu：SrS蛍光体の量は、蛍光層38における全蛍光体重量の約10%以下が望ましい。蛍光層38内のEu：SrS蛍光体の量は、白色出力光において必要とされる可能性のある赤色の量によって変動する場合がある。蛍光層38におけるEu：SrS蛍光体の正確な量は、本発明にとって特に重要ではない。

【0028】第2の好適実施形態と第1の好適実施形態との相違は、蛍光物質40の組成が2つの実施形態で異なるという点だけである。しかし、両方の実施形態に関する蛍光物質40は、白色出力光の赤色成分を強めて、赤色の不足を補償する働きをする。2つの実施形態の働きはほぼ同じであるため、第2の好適実施形態に関する出力光のスペクトル分布は、第1の好適実施形態によって発生する出力光のスペクトル分布42と極めてよく似ている。従って、第2の実施形態に従ってLED34によって発生する白色出力光のスペクトル分布は、やはり、可視光スペクトルの赤色領域内にピーク波長を備えている。

【0029】赤色の不足を補償する蛍光体LEDの製造方法については、図5の流れ図に関連して説明することにする。工程50において、第1のピーク波長を備える一次光を放出する光源が設けられる。光源は、ピーク波長が約470nmの一次光を放出するGaNダイが望ましい。次に、工程52において、光源の上に第1の透明樹脂層を付着させて、封緘層が形成される。工程52は、本発明にとって特に重要ではなく、該方法から省略することが可能である。工程54において、蛍光体・樹脂混合物を調製して、LEDの蛍光層が形成される。蛍光体・樹脂混合物には、樹脂ペーストと化合させられた2つの蛍光物質が含まれている。第1の蛍光物質は、一次光に反応して、可視光スペクトルの黄色領域にピーク波長を備える二次光を放出する特性を有している。第1の蛍光物質によって放出される二次光は、広帯域のスペクトル分布を備えていることが望ましい。第2の蛍光物質は、可視光スペクトルの赤色領域にピーク波長を備える二次光を放出する特性を有している。

【0030】第1の好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物は、Ce：YAG蛍光体の第1の蛍光物質にEu：SrS蛍光体の第2の蛍光材料を混合することによって調製される。この好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物には、約74重量%の樹脂、18重量%のCe：YAG蛍光体、及び、8重量%のEu：SrS蛍光体を含むことが可能である。蛍光体・樹脂混合物における特定の蛍光体の量は、LEDによって発生する白色出力光の所望の複合カラーによって変動する可能性がある。例えば、白色出力光の赤色成分は、蛍光体・樹脂混合物により多くのEu：SrS蛍光体を添加することによって強めることが可能である。

【0031】第2の好適実施形態の場合、蛍光体・樹脂混合物は、最初に、Ce：YAG蛍光体に元素Prの三価イオンをドーピングすることによって調製される。Ce：YAG蛍光体のうち、ドーピング・プロセスによる影響を受けなかった部分は、蛍光体・樹脂混合物における第1の蛍光物質を構成する。Ce：YAG蛍光体のうち、ドーピング・プロセスによって変化した部分は、第2の蛍光物質を構成する。前述の実施形態と同様、蛍光体・樹脂混合物における特定の蛍光体の量は、白色出力光の所望の複合カラーによって変動する可能性がある。

【0032】次に、工程56において、封緘層の上に蛍光体・樹脂混合物を付着させて、封緘層を均一に被覆する蛍光層が形成される。次に、付着した蛍光体・樹脂混合物をゲル化、即ち、部分的に硬化させることができる。工程58において、蛍光層の上に透明樹脂の第2の層を付着させて、LEDのレンズが形成される。次に、工程60において、第2の樹脂層と蛍光層が、単一プロセスで、まとめて、完全に硬化させられる。層をまとめて硬化させることによって、蛍光層とレンズの緊密な結合が保証される。

【0033】上述の好適実施形態に即して、本発明を説明すると、本発明によれば、発光素子34であって、加えられる電気信号にตอบสนองして、第1のスペクトル範囲内における第1のピーク波長を備える第1の光を放出する光源12と、前記光源の上に配置されて、該光源から放出される前記第1の光を受け、該第1の光に反応して、第2のスペクトル範囲内における第2のピーク波長を備えた第2の光を放射する特性を備えた第1の蛍光物質22を含んでおり、また、可視光スペクトルの赤色スペクトル範囲内における第3のピーク波長を備えた第3の光を放射する特性を備えた第2の蛍光物質40を含んでいるところの蛍光層38と、該蛍光層に光学的に結合されて、前記第1の光、前記第2の光、及び前記第3の光を、少なくとも部分的に、前記第1の光、前記第2の光、及び前記第3の光の強度によって色特性が決まる複合出力光として、前記光源から離れる方向に伝搬する光伝搬媒体24が含まれていることを特徴とする、発光素子34が提供される。

【0034】好ましくは、前記蛍光層38中の前記第2の蛍光物質40に、硫化ストロンチウム（SrS）が含まれる。

【0035】好ましくは、前記蛍光層38中の前記第2の蛍光物質40に、ユーロビウム（Eu）で活性化された硫化ストロンチウム（SrS）が含まれる。

【0036】好ましくは、前記蛍光層38に、前記第1の蛍光物質22よりも少ない重量の前記ユーロビウム（Eu）で活性化された硫化ストロンチウム（SrS）が含まれる。

【0037】好ましくは、前記蛍光層38の前記第2の蛍光物質40に、三価のプラセオジウム（P

r^{3+})が含まれる。

【0038】好ましくは、前記蛍光層(38)の前記第1の蛍光物質(22)に、イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)が含まれる。

【0039】更に本発明によれば、発光素子(34)の製造方法であって、第1のピーク波長を備えた第1の光を放出する光源を設ける工程(50)と、前記第1の光の露光に反応して、第2のピーク波長を備えた第2の光を放出する主蛍光物質(22)と、前記第1の光の露光に反応して、可視光スペクトルの赤色スペクトル領域内における第3のピーク波長を備える第3の光を放出する補助蛍光物質(40)を含む、蛍光体・エポキシ混合物を調製する工程(54)と、前記光源の上に前記蛍光体・エポキシ混合物を付着させ、少なくとも前記光源を部分的に封じ込める蛍光層(38)を形成する工程(56)と、前記蛍光層(38)の上に透明材料を付着させて、前記蛍光層の上にレンズ(24)を形成する工程(58)が含まれることを特徴とする、発光素子(34)の製造方法が提供される。

【0040】好ましくは、前記蛍光体・エポキシ混合物を調製する前記工程(54)に、ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)の前記補助蛍光物質(40)と前記主蛍光物質(22)を混合して、前記蛍光体・エポキシ混合物を作成する工程が含まれる。

【0041】好ましくは、前記ユーロピウム(Eu)で活性化された硫化ストロンチウム(SrS)の前記補助蛍光物質(40)と前記主蛍光物質(22)とを混合する前記工程が、前記ユーロピウム(Eu)で活性化され

た硫化ストロンチウム(SrS)を含む前記補助蛍光物質(40)と、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドーブされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)を含む前記主蛍光物質を混合する工程を有する。

【0042】好ましくは、前記蛍光体・エポキシ混合物を調製する前記工程(54)に、セリウム(Ce)で活性化され、ガドリニウム(Gd)をドーブされたイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)の前記主蛍光物質に三価プラセオジム(Pr^{3+})をドーブして、前記蛍光体・エポキシ混合物を作成する工程が含まれる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一般的な先行技術による蛍光体発光ダイオード(LED)の概略図である。

【図2】特定の先行技術による蛍光体LEDからの出力光に関するスペクトル分布を示すグラフである。

【図3】本発明による赤色の不足を補償する蛍光体LEDの概略図である。

【図4】第1の実施形態による図3の蛍光体LEDからの出力光に関するスペクトル分布を示すグラフである。

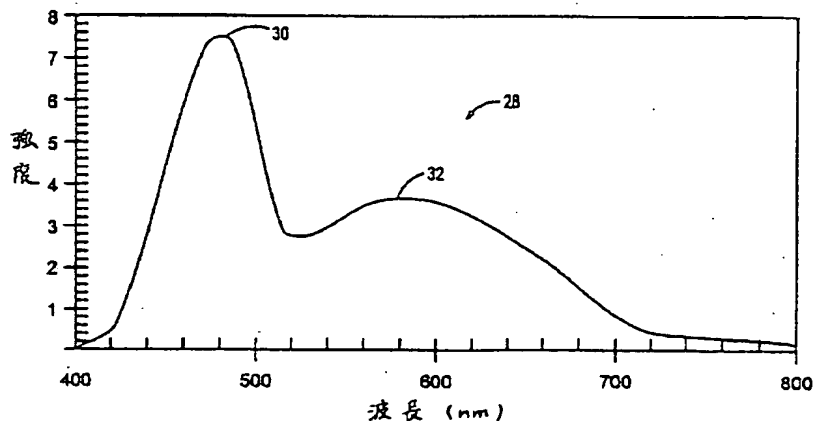
【図5】本発明による蛍光体LEDの製造方法に関する流れ図である。

【符号の説明】

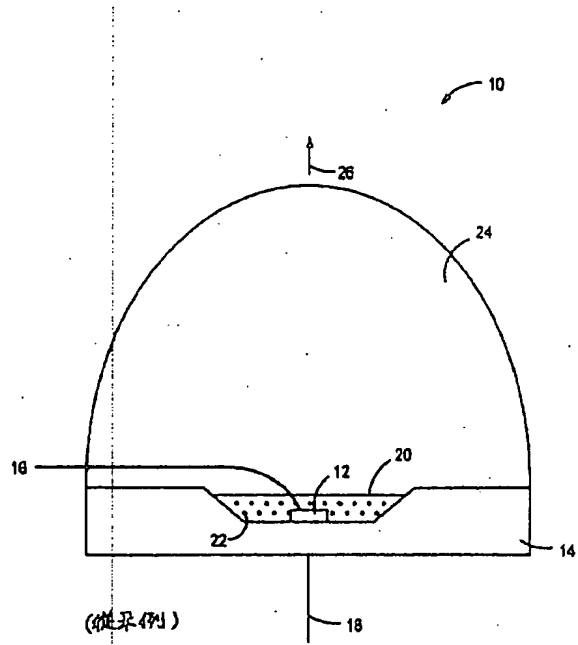
- 12 光源
- 22 第1の蛍光物質
- 34 発光素子
- 38 蛍光層
- 40 第2の蛍光物質

【図2】

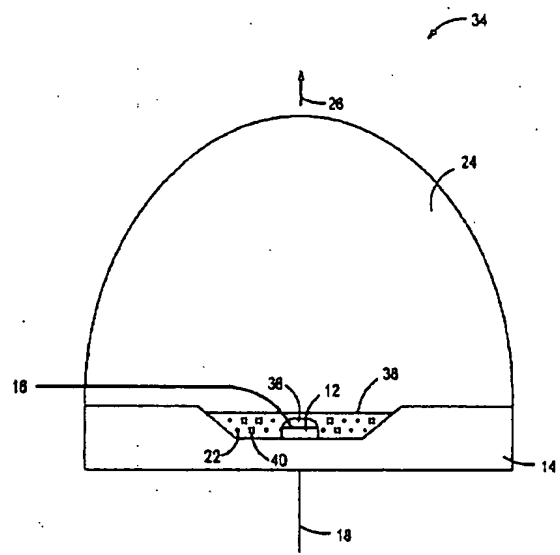
(従来例)



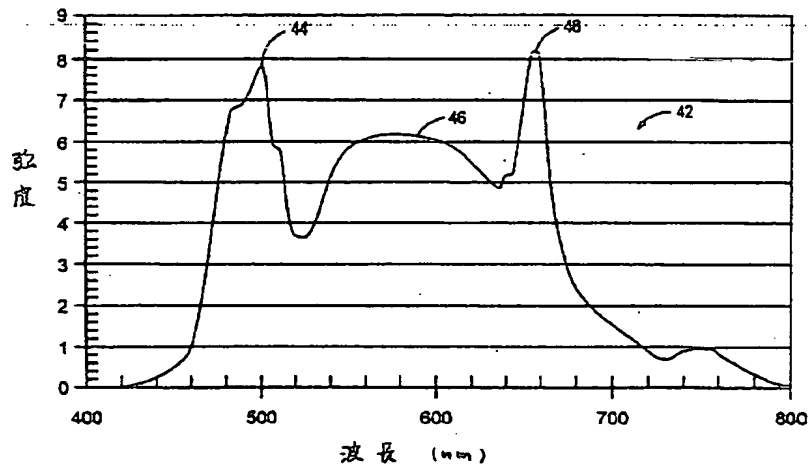
【図1】



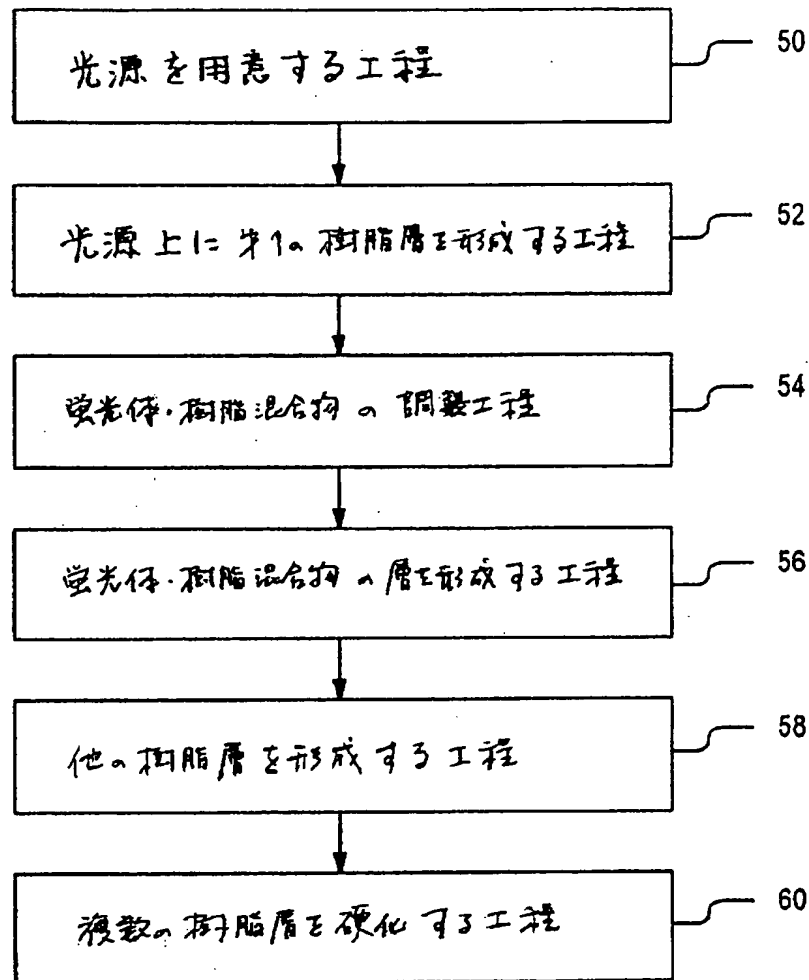
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(71)出願人 399117121
395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(72)発明者 ゲルド・ミューラー
アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼ
スウェイガート・ロード 3491
(72)発明者 レギナ・ミューラー
アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノゼ
スウェイガート・ロード 3491